

Skripsi

**MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI PELEPAH KELAPA
SAWIT (*Cocus nucifera L.*) DENGAN H₂SO₄ UNTUK DIGUNAKAN
SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METANIL KUNING**

ABDUL GAFFAR

H 311 14 317



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI PELEPAH KELAPA
SAWIT (*Cocus nucifera L.*) DENGAN H₂SO₄ UNTUK DIGUNAKAN
SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METANIL KUNING**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains*

Oleh:

**ABDUL GAFFAR
H311 14 317**



MAKASSAR

2021

SKRIPSI

MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI PELEPAH KELAPA SAWIT (*Cocus nucifera L.*) DENGAN H_2SO_4 UNTUK DIGUNAKAN SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METANIL KUNING

Disusun dan diajukan oleh

ABDUL GAFFAR
H 311 14 317

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 15 Januari 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Dr. St. Fauziah, M.Si
NIP. 19720202 199903 2 002

Pembimbing Pertama

Dr. Paulina Taba, M.Phil
NIP. 19571115 198810 2 001

Ketua Program Studi

Dr. Abd. Karim, M.Si
NIP. 19620710 198803 1002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdul Gaffar
NIM : H31114317
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI PELEPAH KELAPA SAWIT (*Cocus nucifera L.*) DENGAN H₂SO₄UNTUK DIGUNAKAN SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METANIL KUNING

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alih tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 5 Februari 2021

Yang menyatakan



Abdul Gaffar

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, hidayah serta ilmu pengetahuan yang tak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Berhasilnya penyusunan skripsi dengan judul “**Modifikasi Permukaan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit (*Cocos Nucifera L.*) dengan H₂SO₄ untuk digunakan sebagai Adsorben Zat Warna Metanil Kuning**” menandakan berakhirnya suatu dimensi perjuangan syarat akan makna dan penuh kenangan dalam menggapai ilmu di Strata Satu Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Kampus Merah Universitas Hasanuddin.

Keberhasilan penulis ketahap penulisan skripsi tidak lepas dari bantuan, baik berupa materi maupun dukungan dari orang-orang terdekat dan yang berada di lingkungan penulis. Dengan setulus hati, pertama dari yang paling utama, melalui lembaran ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orangtua penulis Ayahanda **H. Muhammad Natsir** dan Ibunda **Hj. Rosmina** tercinta untuk segala perhatian, pengorbanan, kasih sayang, kesabaran, dukungan materi dan ketulusan doa yang tiada henti bagi penulis. Semoga Allah SWT membalas pengorbanan mereka dengan Jannah-Nya. Terima kasih untuk saudara-saudaraku yang selalu mendukung, menyemangati, memotivasi, menasehati dan yang tiada henti memberikan doa terbaik. Semoga penulis bisa diberi kesempatan untuk bisa membahagiakan mereka.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Ibu

Dr. St. Fauziah, M.Si selaku pembimbing utama dan ibu **Dr. Paulina Taba M.Phil** selaku pembimbing pertama, yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan dengan penuh kesabaran dan pengertian dalam memberikan ilmu yang tak ternilai selama penelitian dan penyusunan skripsi sehingga berbagai kendala dapat diatasi serta ucapan maaf atas segala kesalahan selama persiapan penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai. Ucapan terima kasih juga kepada:

1. Dosen penguji ujian sarjana kimia, yaitu **Prof. Dr. Ahyar Ahmad** (Ketua), **Dr. Djabal Nur Basir, M.Si.** (Sekretaris), **Dr. St. Fauziah, M.Si** (Ex. Officio), **Dr. Paulina Taba, M. Phil** (Ex. Officio) dan **Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si.** (Anggota).
2. Ketua Departemen Kimia bapak **Dr. Abd. Karim, M.Si** dan Sekretaris Departemen Kimia **Dr. St. Fauziah, M.Si** beserta dosen dan staf Departemen Kimia yang telah membantu penulis dalam perjalanan selama menempuh pendidikan di Departemen Kimia.
3. Bapak **Dr. Muhammad Zakir M.Sc** dan Ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si** selaku Penasehat Akademik. Terima kasih telah memberikan nasehat dan bimbingan selama mengikuti proses perkuliahan di Jurusan Kimia.
4. Seluruh **Analisis laboratorium kimia** Departemen Kimia, Universitas Hasanuddin, **Pak Sugeng, Kak Fiby, Kak Linda, Ibu Tini, Kak Anti, Pak Iqbal** dan **kak Hanna**. Terima kasih atas bantuan yang diberikan selama penelitian.
5. Saudara-saudaraku **Prekursor 2014 “kuat kita bersama”**, Terima kasih atas semangat, rasa persaudaraan, penghibur dikala suka dan duka, serta

memberikan pengalaman yang sangat berharga dalam kehidupan kampus dan untuk kepribadianku.

6. Saudara-saudaraku **MIPA 2014 “kita semua sama”**, Terima kasih atas pengalaman, semangat, kekompakan dan rasa persaudaraan selama ini.
7. Seluruh warga dan alumni **KMK FMIPA Unhas**. HMK tempat kita dibina, HMK tempat kita ditempa.
8. Kakak-kakak, adik-adik, serta alumni **KM FMIPA Unhas**. *Salam Use Your Mind Be The Best.*
9. **Semua pihak** yang tidak sempat disebut namanya yang telah memberikan bantuan, dukungan dan doa kepada penulis.

Penulisan skripsi ini tidak luput dari kekhilafan, maka dari itu penulis sangat menghargai apabila ada kritik dan saran demi penyempurnaan skripsi dan perkembangan ilmu pengetahuan serta penelitian kedepannya. Semoga skripsi ini bernilai ibadah di sisi Allah SWT dan dapat memberikan kepada kita semua.
Aamiin Allahumma Aamiin

Makassar, Desember 2020

Penulis

ABSTRAK

Modifikasi permukaan karbon aktif berbahan dasar pelepah kelapa sawit (*Cocos nucifera L.*) telah dilakukan dengan H_2SO_4 untuk diaplikasikan sebagai adsorben zat warna metanil kuning. Karbon aktif disintesis melalui serangkaian tahapan yaitu proses karbonisasi pada suhu $400\text{ }^\circ\text{C}$, aktivasi kimiawi dengan HNO_3 $0,3\text{ M}$ dan modifikasi dengan larutan H_2SO_4 . Karakterisasi karbon hasil modifikasi dilakukan dengan analisis titrasi Boehm, instrument FTIR, dan uji metilen biru. Hasil titrasi Boehm menunjukkan peningkatan gugus karboksil, lakton, fenol dan asam total sementara gugus basa mengalami penurunan. Adanya ikatan O-H dan C-O pada spektrum FTIR menunjukkan bahwa karbon aktif yang dihasilkan cenderung bersifat polar. Dengan demikian karbon aktif yang dihasilkan dapat digunakan sebagai adsorben.. Luas permukaan karbon yang diperoleh dengan metode metilen biru mengalami penurunan (441,682 menjadi 412,841) setelah dilakukan proses modifikasi. Waktu optimum adsorpsi metanil kuning adalah 20 menit serta kapasitas adsorpsi $28,24\text{ mg gr}^{-1}$.

Kata kunci: Aktivasi, kapasitas adsorpsi, modifikasi dan pelepah kelapa sawit.

ABSTRACT

Modification of activated carbon made from palm fronds (*Cocus nucifera L.*) has been carried out with H₂SO₄ to be applied as an adsorbent for methanil yellow. Activated carbon was synthesized through the stages of carbonization process at 400 °C, chemical activation with HNO₃ 0,3 M and modification with H₂SO₄. Modified carbon was characterization by Boehm titration analysis, FTIR instrument and methylene blue test. The results of Boehm titration showed that the carboxyl group, lactone, phenol and total acid increase while the base group decreased. The presence of O-H and C-O bonds in the FTIR spectrum shows that activated carbon produced tends to be polar. The carbon surface area obtained by the methylene blue method decreased (441,682 to 412,841) after the modification process. The optimum time for methanil yellow adsorption is 20 minutes and adsorption capacity are 28,24 mg gr⁻¹.

Keywords: activation, adsorption capacity, palm fronds and modification.

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
PRAKATA	v
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.3.1 Maksud Penelitian	4
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Adsorpsi.....	6
2.2 Isotermal Adsorpsi.....	8
2.3 Karbon Aktif.....	10
2.4 Pelepah Kelapa Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif	14
2.5 Modifikasi Permukaan Karbon Aktif	16

2.6	Metanil Kuning.....	17
-----	---------------------	----

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Bahan Penelitian.....	19
3.2	Alat Penelitian.....	19
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
3.4	Prosedur Penelitian.....	20
3.4.1	Preparasi Sampel.....	20
3.4.2	Karbonisasi.....	20
3.4.3	Aktivasi.....	20
3.4.4	Modifikasi Permukaan.....	20
3.4.5	Pembuatan Larutan Pereaksi.....	21
3.4.5.1	Pembuatan larutan Na_2CO_3 0,05 N.....	21
3.4.5.2	Pembuatan Larutan NaHCO_3 0,05 N.....	21
3.4.5.3	Pembuatan Larutan HCl 0,05 N.....	21
3.4.5.4	Pembuatan Larutan NaOH 0,05N.....	21
3.4.6	Penentuan Gugus fungsi Asam dan Basa Total dengan Metode Titrasi Boehm.....	21
3.4.7	Pembuatan Larutan Induk 1000 ppm.....	23
3.4.8	Pembuatan Larutan Zat Warna 100 ppm.....	23
3.4.9	Pembuatan Larutan Zat Warna 10 ppm.....	23
3.4.10	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	23
3.4.11	Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	24
3.4.12	Penentuan Kapasitas Adsorpsi.....	24
3.4.13	Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR.....	25
3.4.14	Analisis Luas Permukaan.....	26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pembuatan Karbon Aktif Termodifikasi Pelepah Kelapa Sawit.....	28
4.1.1	Preparasi Sampel Pelepah Kelapa Sawit	28
4.1.2	Karbonisasi	28
4.1.3	Aktivasi	29
4.1.4	Modifikasi	29
4.2	Karakteristik Permukaan Karbon Termodifikasi	30
4.2.1	Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR	30
4.2.2	Karakterisasi dengan Titrasi Boehm	32
4.2.3	Karakterisasi Luas Permukaan dengan menggunakan Metilen Biru.....	33
4.3	Penentuan Waktu Optimum Adsorpsi Metanil Kuning.....	35
4.4	Kapasitas Adsorpsi Metanil Kuning.....	37
4.5	Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR Setelah Adsorpsi	40
BAB V PENUTUP.....		
5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA		43
LAMPIRAN.....		48

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Persyaratan karbon aktif menurut SII No.0258-88	12
2. Kandungan senyawa kimia penyusun serat pada pelepah kelapa	15
3. Perbandingan bilangan gelombang pita serapan karbon aktif pelepah kelapa sawit sebelum dan setelah aktivasi.....	31
4. Perbandingan pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi metanil kuning menggunakan karbon aktif sebelum dan setelah termodifikasi.....	35
5. Data parameter adsorpsi metanil kuning oleh karbon aktif	39
6. Gugus Fungsi sebelum dan sesudah adsorpsi	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Struktur pori karbon aktif granular dan fibrous	12
2. Pelepah Kelapa (<i>Cocus nucifera</i> L.)	14
3. Struktur Metanil Kuning	18
4. Spektrum FTIR karbon aktif pelepah kelapa sawit sebelum aktivasi dan setelah aktivasi.....	30
5. Perbandingan konsentrasi gugus dari karbon aktif pelepah kelapa sawit sebelum dan setelah termodifikasi H ₂ SO ₄	32
6. Luas permukaan karbon, karbon aktif, dan karbon aktif termodifikasi	34
7. Waktu kontak optimum metanil kuning	36
8. Hubungan antara jumlahmetanil kuning yang diadsorpsi oleh karbon aktif termodifikasi.....	37
9. Isotermal Langmuir untuk adsorpsi metanil kuning oleh karbon aktif termodifikasi.....	38
10. Isotermal Freundlich untuk adsorpsi metanil kuning oleh karbon aktif termodifikasi	38
11. Perbandingan spektrumFTIR karbon aktif termodifikasi setelah adsorpsi..	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Skema Prosedur Kerja.....	48
2. Dokumentasi Penelitian	53
3. FTIR Karbon Pelepah Kelapa Sawit.....	56
4. FTIR Karbon Aktif Pelepah Kelapa Sawit.....	57
5. FTIR Karbon Aktif Pelepah Kelapa Sawit Termodifikasi H ₂ SO ₄	58
6. FTIR Karbon Aktif Termodifikasi Pelepah Kelapa Sawit setelah Adsorpsi	59
7. FTIR Zat warna metanil Kuning	60
8. Hasil analisis gugus fungsi metode titrasi boehm.....	61
9. Penentuan Luas Permukaan dengan metilen biru.....	69
10. Penentuan panjang gelombang maksimum.....	71
11. Penentuan kurva standar.....	72
12. Penentuan waktu optimum absorpsi metanil kuning oleh karbon aktif sebelum modifikasi	73
13. Penentuan waktu optimum absorpsi metanil kuning oleh karbon aktif termodifikasi	74
14. Kapasitas absorpsi zat warna metanil kuning oleh karbon aktif sebelum modifikasi	75
15. Perhitungan nilai Q ₀ dan b.....	76
16. Perhitungan nilai k dan n.....	77
17. Kapasitas absorpsi zat warna metanil kuning oleh karbon aktif Termodifikasi	78
18. Perhitungan nilai Q ₀ dan b.....	79

19. Perhitungan nilai k dan n.....	80
------------------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zat warna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat warna (Agustina dan Amir, 2012). Zat warna banyak digunakan pada industri tekstil, plastik, kertas dan industri lainnya (Cahyadi, 2006). Industri tekstil merupakan salah satu industri yang berkembang pesat di Indonesia. Perkembangan yang pesat menimbulkan masalah bagi lingkungan terutama masalah yang diakibatkan oleh limbah cair pewarnaan. Limbah cair tersebut mengandung bahan-bahan yang beracun dan berbahaya (Krim, dkk., 2006).

Air limbah yang mengandung polutan zat warna atau bahan organik rantai panjang yang biasa digunakan pada industri tekstil seperti senyawa azo, antrakuinon, indigoid dan juga ftalosianin, tidak dapat dengan mudah dihilangkan dari air limbah. Metanil kuning adalah salah satu golongan zat warna senyawa azo aromatik, yang dibuat dari asam metanilat dan difenilamin yang berwujud padat, berwarna kuning kecoklatan (Sarkar dan Ghosh, 2012; Bhernama dkk., 2015). Metanil kuning sudah dinyatakan berbahaya dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 239/Men.Kes/Per/V/85 karena dapat menyebabkan keracunan, kerusakan jaringan hati, kandung kemih, jaringan kulit, tenggorokan, hidung, iritasi paru-paru, mata dan usus pada manusia (Bhernama dkk., 2015; Nabila, 2017; Sarkar dan Ghosh, 2012). Oleh karena itu, metode yang efektif untuk menghilangkan zat warna dalam limbah industri tekstil perlu diketahui.

Berbagai metode telah dilakukan untuk penghilangan zat warna, antara lain metode koagulasi, penukar ion dan ozonisasi, tetapi metode-metode tersebut membutuhkan biaya yang relatif tinggi. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk mengatasi bahaya dari limbah zat warna dalam larutan adalah adsorpsi (Handayani dkk., 2015). Metode adsorpsi efisien dan efektif untuk menghilangkan zat warna. Adsorben yang umumnya digunakan untuk pengolahan limbah zat warna adalah karbon aktif (Handayani, dkk., 2015).

Karbon aktif dapat mengadsorpsi senyawa-senyawa kimia tertentu. Sifat adsorpsi yang selektif dari karbon aktif bergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Laos, dkk., 2016). Karbon memiliki bentuk amorf dan dapat ditemukan dari berbagai bahan utama, antara lain batubara, limbah industri, kayu, biji aprikot, kulit singkong, kulit kemiri, tempurung kelapa, dan lain-lain. (Harti, dkk., 2014). Pemanfaatan bahan alami dari bahan alam atau biomassa untuk dibuat karbon aktif sebagai penyerap zat warna.

Sejumlah penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tempurung dan sabut kelapa dapat menghasilkan karbon aktif. Namun selain, tempurung dan sabut kelapa masih banyak bagian dari tanaman kelapa yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan karbon aktif, salah satunya adalah pelepah kelapa. Indonesia diperkirakan memiliki areal pohon kelapa terluas di dunia, yaitu sekitar 3.334.000 ha dengan produksi 2.346.000 ton (BPPT), Oleh karena itu, pelepah kelapa yang tersedia melimpah dapat digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan karbon aktif yang mampu meningkatkan nilai ekonomi (Ramdja, dkk., 2008). Karbon aktif dari pelepah kelapa diketahui mengandung *fixed carbon* sebesar 73,33%.

Pembuatan karbon aktif terdiri atas dua tahap yaitu proses karbonisasi dan aktivasi. Karbonisasi merupakan proses pembakaran bahan baku pada suhu tinggi yang menyebabkan terjadinya dekomposisi senyawa organik yang menyusun struktur bahan baku (Ramdja, dkk., 2008), sedangkan proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar porositas dan luas permukaan karbon aktif (Rahmawati, dkk., 2010). Selain luas permukaan yang tinggi, modifikasi permukaan juga memiliki pengaruh terhadap karakteristik suatu material karbon (Qu dan Shi, 1998; Liu, dkk., 2008).

Modifikasi karbon aktif dengan menggunakan larutan H_2SO_4 98% mengakibatkan luas permukaan dan diameter pori menjadi lebih kecil dari karbon aktif semula (Andreas dkk., 2005). Hasil penelitian juga yang dilakukan Suarya dan Suirta (2017) bahwa lempung yang termodifikasi H_2SO_4 memiliki karakter yang lebih baik dilihat dari peningkatan luas permukaan spesifik dan keasaman permukaannya. Berdasarkan hasil penelitian modifikasi dengan H_2SO_4 dapat meningkatkan gugus fungsional pada permukaan karbon. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi permukaan karbon aktif limbah pelepah kelapa sawit akan dilakukan dengan menggunakan larutan H_2SO_4 untuk digunakan sebagai adsorben metanil kuning.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh modifikasi permukaan karbon aktif pelepah kelapa sawit dengan menggunakan H_2SO_4 terhadap peningkatan gugus fungsi ?
2. Berapakah waktu optimum karbon aktif pelepah kelapa sawit termodifikasi

- H_2SO_4 dalam mengadsorpsi zat warna metanil kuning?
3. Berapakah kapasitas adsorpsi karbon aktif pelepah kelapa sawit termodifikasi H_2SO_4 terhadap zat warna metanil kuning?
 4. Metode isothermal adsorpsi apakah (Langmuir atau Freundlich) yang sesuai pada adsorpsi zat warna metanil kuning oleh karbon aktif pelepah kelapa sawit termodifikasi H_2SO_4 ?
 5. Gugus fungsi apakah yang terlibat dalam proses adsorpsi antara zat warna metanil kuning dengan karbon aktif pelepah kelapa sawit?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk membuat dan menentukan kemampuan karbon aktif dari pelepah kelapa termodifikasi dengan menggunakan larutan H_2SO_4 dalam mengadsorpsi zat warna metanil kuning pada limbah cair.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan pengaruh modifikasi permukaan karbon aktif pelepah kelapa dengan menggunakan H_2SO_4 terhadap perubahan gugus fungsi.
2. Menentukan waktu optimum karbon aktif pelepah kelapa termodifikasi H_2SO_4 dalam mengadsorpsi zat warna metanil kuning
3. Menentukan kapasitas adsorpsi karbon aktif pelepah kelapa termodifikasi H_2SO_4 terhadap zat warna metanil kuning
4. Menganalisis metode isothermal adsorpsi (Langmuir atau Freundlich) yang sesuai pada karbon aktif termodifikasi H_2SO_4 terhadap zat warna

metanil kuning

5. Mengidentifikasi gugus fungsi yang terlibat pada karbon aktif termodifikasi H_2SO_4 terhadap zat warna metanil kuning

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pemanfaatan karbon aktif dari pelepah kelapa hasil modifikasi sebagai adsorben zat warna metanil kuning dan dapat meminimalkan adanya pencemaran lingkungan khususnya limbah zat warna tekstil. Penelitian ini diharapkan juga dapat menghasilkan suatu adsorben alternatif yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi zat warna.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi

Adsorpsi berasal dari bahasa latin *surbene* yang berarti menjerap. Adsorpsi dapat terjadi karena adanya interaksi yang terbentuk antara adsorben dengan adsorbat. Adsorben merupakan fasa yang dapat terkondensasi yaitu fasa padat dan cair sedangkan adsorbat dapat berupa atom, ion atau molekul dalam fasa padat, cair maupun gas (Monk, 2004). Adsorpsi dapat terjadi karena adanya energi permukaan dan gaya tarik-menarik permukaan. Sifat dari masing-masing permukaan berbeda, bergantung pada susunan dalam molekul-molekul zat. Setiap molekul bagian dalam dikelilingi oleh molekul-molekul lainnya, sehingga gaya tarik menarik antar molekul akan sama besar, setimbang kesegala bagian. Sedangkan untuk molekul di permukaan hanya mempunyai gaya tarik kearah dalam (Asip, 2008). Proses adsorpsi terdiri atas 2 tipe, yaitu adsorpsi kimia dan fisika.

- a. Adsorpsi fisik (*physorption*), yaitu adsorpsi yang berhubungan dengan gaya van der waals dan merupakan suatu proses bolak-balik. Apabila, daya tarik menarik antara zat terlarut dan adsorben lebih besar daripada daya tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya maka zat yang terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben. Penempelan adsorbat terjadi pada permukaan melalui interaksi antar molekul yang lemah (Hasanah, 2006).
- b. Adsorpsi kimia (*chemisorption*), yaitu adsorpsi yang terjadi akibat reaksi

antara zat padat dan zat terlarut yang teradsorpsi. Pada adsorpsi kimia, molekul menempel pada permukaan melalui pembentukan ikatan kimia (umumnya kovalen) antara permukaan adsorben dan adsorbat, entalpinya tinggi (400 kJ/mol), adsorpsi terjadi hanya pada satu lapisan (monolayer), dan energi aktifasinya tinggi

Faktor- faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi (Kusmiati, 2015) adalah luas permukaan, ukuran partikel, waktu kontak, distribusi ukuran pori dan derajat keasaman (pH).

1. Luas permukaan adsorben

Semakin besar luas permukaan adsorban, semakin tinggi daya adsorpsi. Pembentukan luas permukaan internal yang berukuran mikro atau meso sebanyak mungkin, semakin kecil dan banyak pori-pori karbon aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar karena jumlah molekul adsorbat yang diserap oleh adsorben akan meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume poridari adsorben (Khuluk, 2016).

2. Kelarutan adsorben

Proses adsorpsi terjadi pada molekul-molekul yang ada dalam larutan harus dapat berpisah dari cairannya dan dapat berikatan dengan permukaan adsorben. Sifat unsur yang terlarut mempunyai gaya tarik-menarik terhadap cairannya yang lebih kuat bila dibandingkan dengan unsur yang sukar larut. Dengan demikian unsur yang terlarut akan lebih sulit terserap pada adsorben bila dibandingkan dengan unsur yang tidak larut (Hajar dkk., 2016).

3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan

penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Namun, setelah mencapai waktu optimum kemampuan adsorpsi akan menurun yang disebabkan oleh permukaan karbon aktif yang telah jenuh (Astuti dkk., 2016).

4. Konsentrasi

Konsentrasi larutan adsorbat mempengaruhi proses adsorpsi. Semakin tinggi konsentrasi larutan, semakin banyak pula zat terlarut yang dapat teradsorpsi oleh adsorben (Tanasal, 2015).

5. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Keasaman mempengaruhi muatan pada sisi aktif atau gugus fungsi di mana ion H^+ akan berkompetisi dengan kation untuk berikatan dengan sisi aktif adsorben. Selain itu, pH juga akan mempengaruhi muatan sisi aktif, seperti gugus karboksil yang terdapat pada permukaan karbon aktif (Lacerda dkk., 2015).

2.2 Isotermal Adsorpsi

Menurut Barrow (1983) dalam Rakhmawati (2007), isotermal adsorpsi menggambarkan hubungan antara zat yang teradsorpsi oleh adsorben dengan tekanan atau konsentrasi pada keadaan kesetimbangan dan temperatur tetap. Adsorpsi memiliki parameter seperti kesetimbangan. Persamaan isotermal adsorpsi yang sering digunakan adalah persamaan Langmuir dan Freundlich.

1. Isotermal Adsorpsi Langmuir

Menurut Oscik (1994), isothermal adsorpsi Langmuir didasarkan pada beberapa asumsi, yaitu (a) adsorpsi hanya terjadi pada lapisan tunggal

(monolayer), (b) panas adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan dan (c) semua situs dan permukaannya bersifat homogen. Persamaan isotermal adsorpsi Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben dengan molekul-molekul zat yang tidak teradsorpsi (Day dan Underwood, 2002).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_o b} + \frac{C_e}{Q_o} \quad (1)$$

Persamaan isotermal Langmuir diberikan oleh persamaan (1), dimana C_e (mg/L) adalah konsentrasi kesetimbangan zat dalam larutan, q_e (mg/g) adalah jumlah zat teradsorpsi pada saat kesetimbangan, Q_o (mg/g) adalah kapasitas maksimum, dan b (L/mg) adalah konstanta Langmuir yang berhubungan dengan energi bebas atau entalpi bersih adsorpsi

2. Isotermal Adsorpsi Freundlich

Isotermal Freundlich menggambarkan hubungan antara sejumlah komponen yang teradsorpsi per unit adsorben dan konsentrasi komponen tersebut pada kesetimbangan. Isotermal Freundlich menganggap bahwa pada semua sisi permukaan adsorben akan terjadi proses adsorpsi di bawah kondisi yang diberikan. Isotermal Freundlich tidak mampu memperkirakan adanya sisi-sisi pada permukaan yang mampu mencegah adsorpsi pada saat kesetimbangan tercapai dan hanya ada beberapa sisi aktif saja yang mampu mengadsorpsi molekul terlarut (Dong dkk., 2010). Bentuk linier dari persamaan Freundlich diberikan oleh persamaan (2)

$$\log q_e = \log k + 1/n (\log C_e) \quad (2)$$

q_e merupakan jumlah adsorbat yang teradsorpsi persatuan bobot adsorben (mg/g), C_e merupakan konsentrasikesetimbangan (mg/L), k dan n merupakan tetapan-tetapan yang menghubungkan semua faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, seperti kapasitas adsorpsi dan intensitas adsorpsi. Nilai n dan k diperoleh dari kemiringan dan *intercept* kurva linier $\log q_e$ vs $\log C_e$ (Edwin dkk, 2005).

Alberty (1992) melaporkan bahwa isotermaal adsorpsi mencakup 5 asumsi mutlak yaitu:

1. molekul yang teradsorpsi mengarah ke sifat ideal
2. molekul yang teradsorpsi dibatasi sampai lapisan monomolekul
3. permukaan adalah homogen, artinya afinitas dari setiap kedudukan ikatan untuk setiap molekul adalah sama.
4. tidak ada antaraksi lateral molekul adsorbat
5. molekul yang teradsorpsi terlokalisasi artinya tidak bergerak pada permukaan

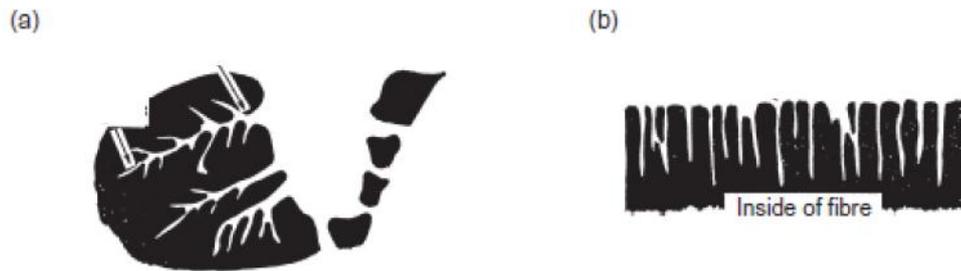
2.3 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi (Rifki, 2016) dan syarat utama bahan yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif adalah mengandung unsur karbon (Rijali, dkk., 2015). Beberapa bahan baku yang dapat digunakan dalam limbah pertanian antara lain : tempurung kluwak (Tamara, 2016), kulit durian (Supiati dkk., 2013), Biji Kapuk (Arung dkk., 2014), tempurung kenari (Hala dkk., 2010) dan pelepah kelapa (Istria, 2015).

Secara umum, ada dua jenis karbon aktif yaitu karbon aktif fasa cair dan karbon aktif fasa gas. Karbon aktif fasa cair dihasilkan dari material dengan berat jenis rendah, seperti arang dari bambu kuning yang mempunyai bentuk butiran (*powder*), rapuh (mudah hancur), mempunyai kadar abu yang tinggi dan biasanya digunakan untuk menghilangkan bau, rasa, warna, dan kontaminan organik lainnya. Sedangkan, karbon aktif fasa gas dihasilkan dari material dengan berat jenis tinggi (Ramdjadkk., 2008).

Komposisi karbon aktif yang dihasilkan dari bahan alami biasanya terdiri atas 85-90% C; 0,5% H; 0,5% N; 5% O; dan 1% S serta 5-6% unsur-unsur anorganik (Amelia dkk., 2013). Karbon aktif mengandung 5-15% air, 2-3% abu dan sisanya terdiri atas unsur karbon. Karbon yang sekarang banyak digunakan berbentuk butiran (*granular*) dan berbentuk bubuk (*tepung*). Sifat dari karbon aktif yang dihasilkan bergantung pada bahan yang digunakan misalnya kulit singkong menghasilkan karbon yang lunak dan cocok untuk menjernihkan air. Karbon aktif sebagai penghilang warna, biasanya berbentuk bubuk (*powder*) ukuran diameter butirannya mencapai 1000\AA , karbon aktif jenis ini digunakan untuk fase cair yang berfungsi memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan. Sedangkan, karbon aktif *granular* atau *pellet* yang sangat keras dengan diameter pori berkisar antara 10-200 \AA memiliki tipe pori lebih halus dan digunakan dalam fase gas untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan, dan pemurnian gas (Maulindadkk., 2015).

Karbon yang berbentuk bubuk memerlukan waktu kontak lebih cepat dibandingkan karbon berbentuk butiran, tetapi karbon berbentuk bubuk lebih sukar diproses. Karbon berbentuk butiran dapat diaktifkan kembali untuk digunakan selanjutnya, yaitu dengan cara memanaskan di dalam pembakar (*furnace*) (Latifan dan Susanti, 2012). Struktur pori karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur pori karbon aktif *granular* (a) dan *fibrous* (b) (Manocha, 2003)

Kualitas karbon aktif dapat dinilai berdasarkan persyaratan Standar Industri Indonesia (SII) 06-3730-1995 pada Tabel 1 (Laos dkk., 2016). Menurut SII (Standar Internasional Indonesia), karbon aktif yang baik mempunyai persyaratan seperti yang tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan karbon aktif menurut SII No.0258-88 (Laos dkk., 2016)

Jenis	Persyaratan	
	Butiran	Padatan
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C	Maks. 15 %	Maks. 25 %
Kadar Air	Maks. 4,4 %	Maks. 15 %
Kadar Abu	Maks. 2,5 %	Maks. 10 %
Fixed Karbon	Min. 80 %	Min. 65 %
Daya serap terhadap Iod	Min. 750 mg/g	Min. 750 mg/g
Daya serap terhadap Metilen Blue	Min. 60 ml/g	Min. 60 ml/g

Kapasitas adsorpsi karbon aktif bergantung pada jumlah senyawa karbonnya. Daya serap karbon aktif ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi, jika karbon aktif tersebut diaktivasi dengan menggunakan bahan kimia atau dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, karbon akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia (Maulindadkk.,2015).

Pada dasarnya, proses pembuatan karbon aktif terdiri atas dua tahap,yaitu karbonisasi dan aktivasi baik secara kimia, maupun fisika. Karbonisasi merupakan proses pirolisi satau pembakaran tidak sempurna dari bahan dasar yang digunakan tanpa adanya udara, biasanya pada temperatur 500-800°C. Hasil karbonisasi merupakan bahan penyerap yang kurang aktif. Oleh karena itu proses aktivasi sangat dibutuhkan untuk mengubah arang menjadi karbon aktif yang porositas dan luas permukaan spesifiknya besar. Berbagai bahan aktivator dapat digunakan dalam pembuatan karbon aktif. Aktivasi secara kimia biasanya menggunakan logam alkali hidroksida, senyawakarbonat, sulfida, $ZnCl_2$, asam sulfat, asam fosfat, dan natrium klorida yang merupakan penyerap air (*dehydratingagent*) (Setiawati dan Suroto, 2010).

Dekomposisi tar dan perluasan pori-pori, dapat dilakukan dengan uap atau gas CO sebagai aktivator. Karbon dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna. Pembakaran tidak sempurna tidak terjadi bila hidrokarbon berlebih atau kekurangan oksigen. Pembakaran sempurna menghasilkan CO_2 dan H_2O , sedangkan pada pembakaran tidak sempurna selain menghasilkan CO_2 dan H_2O juga menghasilkan CO_2 dan C (Nurdiansiah dan Susanti, 2013).

2.4 Pelepah Kelapa Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif

Pelepah kelapa merupakan bagian dari tanaman kelapa yang berupa tangkai daun. Kelapa (*Cocosnucifera*) merupakan tanaman perkebunan atau industri berupa pohon batang lurus dari famili Palmae. Tanaman kelapa merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi (Ramdja, dkk., 2008). Pelepah kelapa dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pelepah Kelapa (*Cocus nucifera* L.).

Pelepah kelapa merupakan salah satu limbah padat pengolahan minyak sawit yang belum banyak pemanfaatannya. Produksi pelepah sebanyak 22 batang per pohon per tahun dimana berat daging pelepah sekitar 2,2 kg dan biomassa pelepah biasanya digunakan sebagai bahan pakan untuk hewan ternak. Kandungan senyawa kimia penyusun pada pelepah kelapa adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin secara berurutan yaitu 31,7 %, 33,9%, dan 17,4%. Menurut Pope (1999), bahan organik yang mengandung lignin hemiselulosa, dan selulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena sangat efektif

mengadsorpsi limbah cair. Pelepah kelapa termasuk bahan yang memiliki massa jenis lebih besar daripada kayu yaitu sebesar $1,16 \text{ g/cm}^3$, dimana semakin besar massa jenis bahan baku maka daya serap karbon yang dihasilkan akan semakin besar, oleh karena itu pelepah kelapa baik untuk dijadikan karbon aktif (Nurmala, 1999).

Pelepah kelapa terbagi atas 3 bagian yaitu *petiole* (pangkal batang), *rachis* (batang tempat munculnya daun) dan *leaflets* (daun). Sejak umur 4 tahun tanaman kelapa menghasilkan 18-24 pelepah per tanaman per tahun. Pelepah kelapa tumbuh dan berkembang selama 30 bulan. Pelepah kelapa memiliki panjang *petiole* 1,5 m *rachis* 5,5-6,5 m (Zen, 2018). Kandungan senyawa kimia penyusun serat pada pelepah kelapa dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Senyawa Kimia Penyusun Serat pada Pelepah Kelapa

Unsur Kimia	Pelepah Kelapa (%)
Selulosa	33,7
Hemiselulosa	35,9
Lignin	17,4
Silika	2,6
Abu	3,3
Nitrogen	2,38
Kalium	1,316
Kalsium	2,568
Magnesium	0,487
Fosfor	0,157
Sulfur	0,40
Klorida	0,70

Sumber : Ginting dan Elizabeth, 2013

2.5 Modifikasi Permukaan Karbon Aktif

Modifikasi permukaan karbon aktif dilakukan untuk menambah gugus aktif. Gugus aktif yang akan ditambah merupakan gugus oksigen. Pada karbon aktif modifikasi asam nitrat, pori-pori terlihat lebih bersih dan rata. Hal tersebut diasumsikan bahwa pengotor telah hilang karena perlakuan modifikasi (Harti dkk., 2014).

Masalah yang muncul pada pembuatan karbon aktif adalah hilangnya gugus-gugus aktif pada permukaan karbon. Hal itu terjadi karena pada saat pembuatan karbon aktif menggunakan temperatur yang tinggi sehingga gugus-gugus aktif terlepas dan tersisa karbon. Oleh karena itu, modifikasi sangat diperlukan untuk menambah gugus aktif pada permukaan karbon aktif (Harti dkk., 2014). Jadi, karbon aktif dapat diperoleh dengan kegunaan yang lebih spesifik (Setyadhi dkk., 2005).

Menurut Setyadhi dkk., (2005), ada beberapa cara memodifikasi sifat kimia permukaan karbon aktif, yaitu oksidasi fasa gas, perlakuan dengan menggunakan larutan kimia dan perlakuan termal.

1. Oksidasi fasa gas yang dilakukan dengan pemberian gas O_2 atau N_2O pada suhu tinggi;
2. Perlakuan dengan menggunakan larutan kimia.

Ada dua mekanisme utama yang dapat terjadi secara bersamaan dalam peristiwa oksidasi karbon aktif oleh asam oksidator, yaitu: 1) teradsorpsinya atom-atom oksigen secara kimia pada permukaan karbon sehingga membentuk gugus-gugus oksida, dan 2) teroksidasinya atom karbon sehingga terjadi pelebaran pori pada karbon aktif;

3. Perlakuan termal yakni dengan memanaskan karbon aktif pada suhu sekitar $>700\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan dialiri gas nitrogen atau juga menggunakan gas hidrogen. Perubahan struktur pori akibat perlakuan termal disebabkan oleh adanya dekomposisi termal dari gugus oksida yang ada pada bagian dalam permukaan pori karbon aktif.

Suatu permukaan karbon dapat dimodifikasi melalui pembentukan gugus oksida akibat adanya adsorpsi kimia antara permukaan karbon dan oksigen yang ada diudara. Gugus oksida tersebut juga dapat dibentuk melalui penambahan beberapa jenis larutan oksidator seperti H_2O_2 , HNO_3 , NaOCl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, AgNO_3 dan H_2SO_4 (Wibowo dkk.,2004). Peningkatan gugus oksida pada permukaan karbon akan menyebabkan berkurangnya kerapatan elektron sehingga sifat basa dari karbon aktif tersebut berkurang (Wulandari,2016).

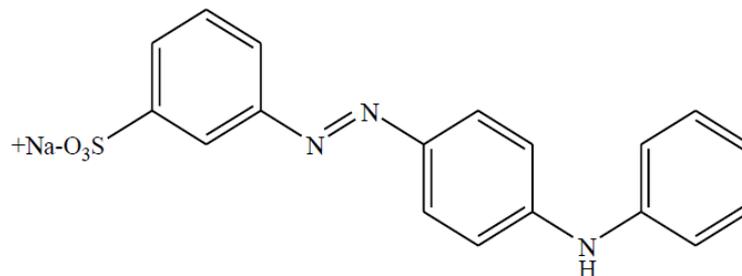
2.6 Metanil Kuning

Metanil kuning [$\text{C}_{18}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{O}_3\text{SNa}$] merupakan pewarna yang mempunyai ikatan $\text{N}=\text{N}$ dengan nama kimia natrium 3-[(4-N-fenilamin) fenilazo] benzena sulfonat dan garam natrium dari metaniliazodifenilamin. Metanil kuning merupakan zat warna sintetik yang berwujud padat, berwarna kuning kecoklatan, bersifat larut dalam air dan sangat stabil dalam berbagai rentang pH, pemanasan dan memiliki efek toksik (Bhernama dkk., 2015; Sarkar dan Ghosh, 2012).

Metanil kuning dapat menyebabkan iritasi pada mata jika dikonsumsi dalam jangka panjang. Metanil kuning juga bertindak sebagai zat pemicu tumor dan dapat menyebabkan keracunan, iritasi paru-paru, mata dan usus pada manusia, kerusakan jaringan hati, kandung kemih, jaringan kulit, tenggorokan dan

hidung. Metanil kuning yang dibuat dari asam metanilat dan difenilamin, digunakan sebagai pewarna tekstil yang sering disalah gunakan sebagai pewarna makanan. Metanil kuning biasa digunakan untuk mewarnai wool, nilon, kulit, kertas, cat, alumunium, detergen, kayu, bulu dan kosmetik. Zat warna ini berbahaya dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 239/Men.Kes/Per/V/85 (Bhernama dkk., 2015; Nabila, 2017).

Beberapa produk makanan yang banyak dikonsumsi masyarakat dan mengandung zat warna ini diantaranya adalah tahu kuning, tahu, kerupuk, tape, permen, geplak, dodol, jelly, saos dan masih banyak lagi. Tahu kuning dan krupuk merupakan salah satu jenis produk makanan yang banyak digemari oleh masyarakat. Tahu kuning dan krupuk banyak dijual di beberapa supermarket termasuk pasar-pasar tradisional secara murah dengan berbagai merek dan kemasan. Struktur kimia metanil kuning dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Kimia Metanil Kuning (Bhernama dkk., 2015)